

Determining the Learning Principles of Neuro-education Using Exploratory Study and Explaining its Educational Implications

Zhila Kardan Halvaei ^{1,*}, Eskandar Fathi Azar ², Yousef Adib ², Leila Mehdizadeh Fanid ³

¹ PhD Student, Department of Educational Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

² Professor, Department of Educational Science, Faculty of Psychology and Educational Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

³ Assistant Professor, Faculty of Natural Science, University of Tabriz, Tabriz, Iran

Received: 11 Nov 2017

Accepted: 27 Oct 2018

Keywords:

Neuro-education
Learning Principles
Grounded Theory

© 2019 Baqiatallah University of
Medical Sciences

Abstract

Introduction: The purpose of this study is to help to develop standards in nerve education by utilizing views of prominent professors in the field of neuroscience, psychology and education, and moreover by employing documents available in this field.

Methods: In this research, a qualitative method of grounded theory was used. Data collection methods consisted of interviews, documents and texts, and questionnaires. The participants in the first phase of the study were 13 people with expertise in neuroscience, psychology and education. Semi-organized interviews were used to collect data. Furthermore, the latest findings from experts in the field of neuro-education were also applied as complementary information in the next section of the study. The Strauss and Corbin method was employed to analyze the interviewees.

Results: The result of the three-steps encoding of the collected data was extraction of three main categories, eleven sub categories, and thirty one characteristics or concepts. Finally, the Lawshe index (CVR) confirmed the fourteen basic principles of learning.

Conclusions: Overall, the findings of the analysis showed that studying and understanding the structure and function of the brain in thinking and practicing of the curriculum is essential step for improving the learning process of students. Neuroscience provides valuable information about the brain's learning system, which allows us to make more informed decisions about the curriculum.

تعیین اصول یادگیری مبتنی بر عصب - تربیت با استفاده از مطالعه اکتشافی و تبیین دلالت‌های آموزشی آن

ژیلا کاردان حلوائی^{۱*}، اسکندر فتحی‌آذر^۲، یوسف ادیب^۳، لیلا مهدیزاده‌فانید^۳

^۱ دانشجوی دکتری برنامه ریزی درسی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۲ استاد، گروه علوم تربیتی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

^۳ استادیار، گروه زیست‌شناسی (علوم اعصاب شناختی)، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران

چکیده	تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۰۸/۲۰ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۰۵
<p>مقدمه: هدف از این مطالعه کمک به رشد استانداردها در رشته عصب-تربیت از نقطه نظر اساتید برجسته در حوزه علوم اعصاب، روانشناسی و علوم تربیتی و اسناد و مدارک موجود در این زمینه است.</p> <p>روش کار: در این پژوهش از روش کیفی از نوع نظریه زمینه‌ای استفاده شده است. روش‌های گردآوری اطلاعات شامل مصاحبه، اسناد و متون و پرسشنامه می‌باشد. شرکت‌کنندگان در مرحله اول پژوهش تعداد ۱۳ نفر از افراد صاحب نظر در زمینه علوم اعصاب، روانشناسی و علوم تربیتی بودند. برای جمع‌آوری داده‌ها از مصاحبه نیمه‌سازمان‌یافته استفاده شد. همچنین آخرین یافته‌های متخصصان در حوزه عصب-تربیت نیز به عنوان اطلاعات مکمل در قسمت بعدی پژوهش استفاده گردید. برای تحلیل مصاحبه‌های افراد صاحب‌نظر از روش Strauss and Corbin استفاده شد.</p> <p>یافته‌ها: نتیجه کدگذاری سه مرحله‌ای داده‌های گردآوری شده، استخراج سه مقوله اصلی، یازده مقوله فرعی و سی و یک ویژگی یا مفهوم بود. نهایتاً شاخص سی وی آر لاشه چهارده اصل اساسی یادگیری را تأیید نمود.</p> <p>نتیجه‌گیری: در مجموع یافته‌های تحلیل نشان می‌دهند که مطالعه و درک ساختار و عملکرد مغز در تفکر و عمل برنامه درسی گام بسیار مهمی در بهبود فرایند آموزش و یادگیری دانش‌آموزان است. علوم اعصاب اطلاعات بسیار ارزشمندی در مورد سیستم یادگیری مغز فراهم می‌کند که به ما اجازه می‌دهد تا تصمیمات آگاهانه‌تری در مورد برنامه‌های درسی بگیریم.</p>	<p>واژگان کلیدی: عصب-تربیت اصول یادگیری نظریه زمینه‌ای</p> <p>تمامی حقوق نشر برای دانشگاه علوم پزشکی بقیه الله (عج) محفوظ است.</p>

مقدمه

مغز و نحوه یادگیری انسان طی چند دهه گذشته به طور قابل ملاحظه‌ای مورد توجه واقع شده است [۱-۳]. سال‌ها پیش، تمام شواهد موجود در پایگاه‌های مغز رفتار انسان بر اساس مطالعه مغزهای غیر طبیعی یا آسیب دیده یا با برخی از اختلالات پیشرفته بود [۴]. در دهه ۱۹۸۰، پیشرفت در تصویربرداری عصبی و تکنولوژی‌هایی مثل تصویربرداری و الکتروانسفالوگرام (EEG) (Electroencephalographic) به دانشمندان این اجازه را داد تا بتوانند ساختار و کارکرد مغز را مورد مطالعه قرار دهند [۵-۷]. این تکنولوژی اطلاعاتی درباره ادراک، عملکردهای شناختی و عاطفی فراهم آورده که باعث ایجاد انگیزه در محققان علوم اعصاب و معلمان شده است. از آنجا که محققان قادرند با استفاده از فناوری‌های جدید آنچه در مغز اتفاق می‌افتد را مشاهده کنند، این امر باعث ایجاد علاقه در آن‌ها جهت توجه به فرایندهای یادگیری می‌گردد [۵]. یادگیری را می‌توان بنیادی‌ترین فرایندی دانست که در نتیجه آن، موجودی ناتوان و درمانده، به فرد تحول یافته‌ای می‌رسد که توانایی‌های شناختی و قدرت اندیشه وی حد و مرزی نمی‌شناسد. یادگیری از منظر علوم اعصاب، فرایند تغییرات در الگوی پیوند بین نورون‌ها با یکدیگر است

که می‌تواند به چندین طریق از طریق شکل‌گیری سیناپس‌های جدید، حذف سیناپسی (Synaptic pruning) و یا تقویت یا تضعیف پیوندها یا شبکه‌های عصبی موجود منعکس می‌شود [۸]. تحقیقات اخیر در علوم شناختی و علوم اعصاب و ارتباط آن با نظریه و عملکرد تربیتی پیشرفت‌های قابل ملاحظه‌ای در درک ارتباط بین مغز و آموزش داشته است. نتایج مطالعات پژوهشگران در این زمینه منجر به رشد رشته مطالعاتی شده است که با نام‌های مختلف چون عصب-تربیت (Neuro-education) [۹]، علم ذهن، مغز و تربیت (Mind, brain and education) [۱۰، ۱۱] و یا عصب‌شناسی تربیتی (Educational neuroscience) [۱۲] نامگذاری شده است. در این مطالعه از اصطلاح عصب-تربیت برای توصیف یک رشته مطالعاتی بین‌رشته‌ای استفاده شده است که با ارتباط دانش‌هایی چون علوم اعصاب، روانشناسی، علوم شناختی و علوم تربیتی در صدد ایجاد یک علم جدید یادگیری است که ممکن است شیوه‌های آموزشی را تحت تأثیر قرار داده و تغییر دهد [۸]. به منظور هماهنگی چگونگی یادگیری مغز با راهبردهای آموزشی سازگار با مغز، Caine and Caine دوازده اصل یادگیری مغز محور پیشنهاد کردند [۱۳]. همچنین Tokuhamu and Espinosa با استفاده

چگونه تعریف می‌شود؟ و چه میزان توافق بین کارشناسان عصب-تربیت در ارتباط با این استانداردها (اصول) وجود دارد؟

روش کار

روش‌های پژوهش در حوزه عصب-تربیت در سه دسته مطالعات علمی، مطالعات پیوند دهنده و مطالعات عمل محور طبقه‌بندی می‌شوند [۲۱]. از بین سه دسته مطالعات مطرح شده در حوزه عصب-تربیت، در پژوهش حاضر مطالعات پیونده‌دهنده بهترین نقش را دارند. مطالعات پیونده‌دهنده با هدف بررسی دقیق‌تر تاثیرات و تناسب بالقوه مفاهیم مرتبط با یادگیری به منظور دستیابی به یک شناخت تربیتی و عصب-روانشناختی انجام می‌شوند. در مجموع مطالعات پیوندی در سه دسته کمی، کیفی و ترکیبی انجام می‌شوند که در این پژوهش از روش کیفی از نوع نظریه زمینه‌ای استفاده شده است. روش‌های گردآوری اطلاعات شامل مصاحبه، اسناد و متون و پرسشنامه می‌باشد که هر یک از آن‌ها نیز به صورت‌های مختلف ساخته، اجرا و تحلیل شده است. شرکت‌کنندگان در مرحله اول پژوهش تعداد ۱۳ نفر از افراد صاحب نظر در زمینه علوم اعصاب، روانشناسی و علوم تربیتی بودند. برای جمع‌آوری داده‌ها از مصاحبه نیمه‌سازمان‌یافته استفاده شد. مصاحبه‌ها با اجازه قبلی انجام گرفت و پیش از آغاز مصاحبه موضوع و اهداف پژوهش به اطلاع مصاحبه‌شوندگان رسید. مطالبی که در این مقاله ارائه می‌شود مربوط به یافته‌هایی است که از پاسخ شرکت‌کنندگان به پرسش‌ها در فرایند مصاحبه استخراج شده است همچنین آخرین یافته‌های متخصصان در حوزه عصب-تربیت نیز به عنوان اطلاعات مکمل در قسمت بعدی پژوهش استفاده شده است. به این صورت که به منابع و اسناد مکتوب داخلی و خارجی مرتبط با رویکرد عصب-تربیت به یادگیری و تربیت‌مراجعه و اطلاعات مورد نیاز جمع‌آوری گردید. برای تحلیل مصاحبه‌های افراد صاحب‌نظر از روش Strauss and Corbin استفاده شد. به این صورت که طی فرایندی منظم و در عین حال مقایسه مداوم داده‌ها جمع‌آوری شد و برای اینکار از فرایند سه مرحله‌ای کدگذاری باز، کدگذاری محوری و کدگذاری انتخابی استفاده گردید. برای کدگذاری باز، متن مصاحبه‌ها چندین بار خوانده و جملات اصلی آن استخراج شده و به صورت کدهایی ثبت شد و سپس کدهای مشابه در دسته‌هایی قرار گرفت. در کدگذاری محوری، طبقات به طبقات فرعی خود ربط داده شد تا تبیین‌های دقیق‌تر و کامل‌تری درباره پدیده ارائه شود. کدگذاری انتخابی فرایند یکپارچه‌سازی و پالایش مقوله‌ها است؛ به این ترتیب که محقق با ایجاد یک آهنگ و چیدمان خاص در بین مقوله‌ها، آن‌ها را برای ارائه و شکل‌دهی یک تئوری تنظیم می‌کند. جهت افزایش اعتماد و اعتبار علمی نتایج از روش‌هایی که توسط گوبا و لینکلن پیشنهاد شده است، استفاده شد. این دو پژوهشگر چهار معیار قابلیت اعتبار، انتقال‌پذیری، قابلیت اعتماد و قابلیت تأیید را ارائه کرده‌اند. به منظور رعایت قابلیت اعتبار پژوهش سعی شد افرادی وارد مطالعه شوند که دانش غنی‌ای در زمینه علوم اعصاب و آموزش و یادگیری مغز محور داشته باشند. از این‌رو حداقل معیار ورود به مصاحبه، افراد صاحب‌نظر در زمینه علوم اعصاب، روانشناسی و برنامه‌ریزی درسی می‌باشد که دارای مدرک دکتری بوده و در زمینه علوم اعصاب، عصب‌شناسی تربیتی، آموزش و یادگیری مغز محور آگاهی دارند. جهت تحقق انتقال‌پذیری پژوهشگر موظف است تا مجموعه

از روش‌های گزندتئوری اصولی را برای رشته عصب تربیت تعیین نمود [۱۱]. این اصول به روش فراتحلیل و دلفی جمع‌بندی شد. مطالعه وی منجر به مدلی شد که وی آن را «ذهن، مغز و تربیت» نامید. اگرچه Caine and Caine و Tokuhama and Espinosa برخی از مسائل مهم در این زمینه را روشن کرده‌اند اما بررسی بسیاری از مسائل راهکارهای پژوهشی هنوز هم ادامه دارد.

اگرچه استانداردهایی در علوم مغز و اعصاب، روانشناسی و آموزش وجود دارد اما توافقی جامع در مورد استانداردهای این ارتباط، یعنی عصب-تربیت وجود ندارد. مفاهیم عصب-تربیت به طور غیر مستقیم و نامتناقض برای سال‌های متمادی در کلاس درس به کار گرفته می‌شوند [۱۴، ۱۵]. یکی از نتایج عدم ایجاد استانداردها، ابهام در این مسئله است که از این یافته‌ها تا چه حد و چگونه سوءاستفاده می‌شود و چگونه تعمیم نادرست یافته‌های مربوط به مغز آسیب‌زا است. برای مثال، کشفیات بین دهه ۱۹۶۰ تا ۱۹۸۰ از افزایش سیناپس در موش‌های جوانی که در محیط‌های غنی قرار داشتند، خبر داد که مدت‌ها بعد یافته‌های این پژوهش وارد جامعه آموزشی شد [۱۶] با وجود غیر انسانی بودن این یافته‌ها، نتایج آن منجر به گسترش توصیه‌های آموزشی درباره بهبود محیط‌های یادگیری برای نوزادان و کودکان شد. با این اوصاف مشخص است که یک پل رسمی بین رشته‌های مغز و اعصاب، روانشناسی و آموزش وجود ندارد [۱۷، ۱۸].

در نتیجه Gardner یکی از بزرگ‌ترین متفکران آموزشی همسو با دیگران در این زمینه، ایجاد یک کلاس از متخصصان عصب-تربیت را پیشنهاد می‌کند. متخصصان عصب-تربیت شامل معلمانی هستند که درباره مغز و چگونگی یادگیری بهتر می‌دانند و دانشمندان علوم اعصاب و روانشناسان که علاقه‌مند به شیوه‌های تدریس می‌باشند. معلمان نیز به آموزش عصب-تربیت نیاز دارند به این دلیل که بسیاری از معلمانی که در کلاس‌هایشان کار می‌کنند، در دانشگاه‌هایی آموزش دیده‌اند که منحصراً بر روی نحوه تدریس تمرکز داشتند نه چگونگی یادگیری دانش‌آموزان [۱۱]. به طور مداوم دانشمندان علوم اعصاب و روانشناسان به آموزش‌های عصبی نیاز دارند زیرا صرفاً به یادگیری تمرکز دارند. با اینکه که رشته عصب-تربیت طی سه دهه گذشته رشد زیادی داشته است اما تقاضای بسیاری برای پارامترهای واضح‌تر و کاربردی‌تر استانداردهای عصب-تربیت از تمامی بخش‌های نظام آموزشی شنیده می‌شود [۱۹]. تعریف استانداردها در عصب-تربیت برای رشد آن ضروری است اما تاکنون این استانداردها مورد توافق قرار نگرفته‌اند.

هدف از این مطالعه کمک به رشد استانداردها در رشته عصب-تربیت از نقطه نظر اساتید برجسته در حوزه علوم اعصاب، روانشناسی و علوم تربیتی و اسناد و مدارک موجود در این زمینه است. با توجه به اینکه دانش موجود در زمینه اصول عصب-تربیت محدود بوده و با عنایت به اینکه به نظر پژوهشگران مطالعات کیفی بهتر از سایر مطالعات قادر به تبیین و توضیح مفاهیم مهم و ناشناخته می‌باشند و همین‌طور با در نظر گرفتن این موضوع که پژوهشی مشابه در رابطه با اصول یادگیری عصب-تربیت در ایران و سایر نقاط دنیا محدود می‌باشد، کاربرد روش مطالعات کیفی بهترین گزینه ممکن در این خصوص می‌باشد زیرا در پژوهش‌های کیفی محققین به دنبال پاسخ به موضوعاتی هستند که اطلاعات و پژوهش‌های اندکی در رابطه با موضوع وجود دارد [۲۰]. سؤال اصلی پژوهش حاضر این است که استانداردها در عصب-تربیت

داده‌ها، تفسیرها و یافته‌های این مطالعه با نگاهی به مطالعات پیشین حاصل می‌شود، به نحوی که سایر پژوهشگران بتوانند قادر به درک تجربه متخصصان در این زمینه و پیگیری داده‌ها و دستیابی به نتایج مشابه باشند. برای تجزیه و تحلیل داده‌های حاصل از مطالعات کتابخانه‌ای نیز از روش توصیف، تحلیل، تفسیر و استنتاج استفاده شد.

یافته‌ها

نتیجه کدگذاری سه مرحله‌ای داده‌های گردآوری شده، استخراج سه مقوله اصلی، یازده مقوله فرعی و سی و یک ویژگی یا مفهوم بود. با توجه به اینکه مقوله‌های استخراجی نسبتاً زیاد و خارج از حجم مناسب مقاله می‌باشد لذا خلاصه‌ای از مضامین را در قالب جدول ۱ ارائه شده است.

داده‌ها و توصیفات متنی خود را به نحوی کامل و غنی عرضه کند که بتوان آن را با ادبیات نظری پیشین، تطبیق کرد و تائید نظری آن یافته را دریافت. ضمن آنکه پژوهشگران دیگر باید بتوانند درباره قابلیت انتقال این یافته‌ها به محیط‌های دیگر قضاوت کنند. همچنین اطلاعات کسب شده توسط دو نفر از اعضای هیات علمی که در زمینه تحقیقات کیفی صاحب نظر می‌باشند مورد بررسی و تأیید قرار گرفت به علاوه توصیف زمینه مورد بررسی، ارائه توضیحات لازم در مورد مشارکت کنندگان و استفاده از نقل قول‌های مستقیم آنان نیز در این راستا انجام گرفت. جهت تعیین قابلیت اعتماد دو نفر از افراد آشنا به روش گردن‌تثوری مصاحبه‌ها را جداگانه کدگذاری نمودند تا توافق بین نظرات آن‌ها مورد بررسی قرار گیرد. همچنین در جمع‌آوری، پیاده‌سازی و ثبت داده‌ها و تخصیص زمان کافی برای جمع‌آوری داده‌ها نهایت دقت صورت گرفته است. قابلیت تأیید از طریق مرور و بازبینی‌های دقیق و چندین باره

جدول ۱: مقوله‌های اصلی، فرعی و ویژگی‌های به دست آمده از پاسخ‌های مشارکت کنندگان

فرایند رشد (مغز محور)	ویژگی‌ها
شناخت تأثیر الگوها و قوانین رشد در یادگیری	تأثیر عوامل ژنتیکی و محیطی بر رشد انسان، وجود دوره‌های حساس برای یادگیری برخی مهارت‌ها و رشد، تداوم رشد مغز و سلسله مرتبی بودن آن.
تغییر و رشد مادام‌العمر مغز	تغییر و رشد مغز در سراسر بزرگسالی بر اثر تجربه، توانایی انطباق مغز با شرایط جدید.
تفاوت در ساختار و کارکرد مغز افراد	تمرکز بر جنبه‌های بیولوژیکی تفاوت‌های فردی، تأثیر تجربه بر تفاوت‌های فردی مغز افراد
گرایش ذاتی مغز به جستجوی معنا	تضمین بقای انسان به واسطه جستجوی طبیعی اطلاعات، ثبت و ذخیره و بازیابی اطلاعات مهم و معنادار در مغز
کشف الگوها	برقراری ارتباط بین دانش جدید و دانش قبلی، کشف امور تازه محرکی برای الگوسازی.
ابعاد هیجانی-فیزیولوژیکی مغز	
نقش عواطف و هیجانات در یادگیری	کمک به درک مفاهیم و یادسپاری بهتر تجارب یادگیری، نورون‌های آینه‌ای و تقلید عواطف، کمک به هدایت توجه، تأثیر مخرب استرس و فشار روانی زیاد بر یادگیری
عوامل زیستی مؤثر بر یادگیری مغز	رعایت عادت غذایی مطلوب، ضرورت خواب کافی برای یادگیری بهتر، تحرک جسمانی و یادگیری
برقراری محیط یادگیری مهیج و چالش برانگیز	تجارب یادگیری چالش برانگیز، تأثیر مخرب محیط اولیه محدود بر یادگیری، بازخورد و یادگیری، حذف تهدید از محیط یادگیری، فعالیت‌های هنری و بهبود یادگیری
تأثیر روابط اجتماعی مطلوب	غریزه قدرتمند مغز برای برقراری روابط اجتماعی، تعامل تنگاتنگ رشد شناختی و رشد اجتماعی
ابعاد شناختی مغز	
حفظ و جلب توجه مغز	عدم توانایی مغز به توجه مداوم و یکنواخت، گرایش مغز به توجه انتخابی، تحریک توجه به واسطه تحریک هیجانی، توجه و به خاطر سپاری تصاویر بزرگ بهتر از جزئیات
سیستم‌های چندگانه حافظه و یادگیری	بهبود قابلیت‌های حافظه و وجود مسیرهای عصبی چندگانه-اما همپوش-برای انواع مختلف مدارهای حافظه

"مغز به طور مداوم آنچه را که دریافت می‌کند و آنچه را که قبلاً می‌داند را با هم مقایسه می‌کند. در واقع تشخیص الگوها از طریق مقایسه مداوم اطلاعات جدید با آنچه که مغز از قبل می‌داند، به دست می‌آید."

گنجاندن اطلاعات جدید و تازه در مباحث یادگیری روشی مفید و کاربردی است که فراگیر را قادر می‌سازد تا با علاقه و اشتیاق اطلاعات جدید را یاد بگیرد. مشارکت‌کننده‌ای از تجربه خود در زمینه ارائه اطلاعات تازه و به روز اینگونه اظهار نظر می‌کنند:

"بخشی از مغز به نام سیستم فعال مجدد (RAS)، محرک‌های دریافتی را فیلتر می‌کند، تصمیم می‌گیرد که به چه اطلاعاتی اعتماد کرده و توجه کند. اطلاعات حیرت انگیز و تازه توجه فراگیر را جلب می‌کنند. در کلاس درس، این بدان معناست که تغییر برنامه‌ها، به یادگیری دانش‌آموزان کمک می‌کند مثل گردش‌های علمی و دعوت از افراد موفق برای حضور بین دانش‌آموزان همه به یادگیری بهتر دانش‌آموزان می‌انجامند."

نمونه‌هایی از نقل قول‌ها به شکل اتفاقی برای برخی مضامین جهت روشن شدن برای خوانندگان محترم به شرح زیر ارائه شده است. به عنوان نمونه مشارکت‌کننده‌ای در خصوص یکی از ویژگی‌های مهم مربوط به گرایش مغز به جستجوی معنا که ثبت و ذخیره و بازیابی اطلاعات مهم و معنادار در مغز است، چنین بیان می‌کند:

"مغز انسان طوری طراحی شده که وقتی با الگوی بی‌معنی رو به رو می‌شود اون و پس می‌زنه. در واقع به این صورت می‌شه گفت فرد همواره در معرض اطلاعات بسیاری قرار دارد. اطلاعاتی که مغز بتونه اون‌ها رو کنار هم قرار بده و سازماندهی و طبقه‌بندی کنه را ثبت و ذخیره می‌کنه و می‌تونه بعداً به درستی بازیابی کنه ولی آگه نتونه اون‌ها رو به درستی سازماندهی کنه در برابرش مقاومت می‌کنه."

همچنین مصاحبه‌شوندگان معتقدند تلاش مغز در برقراری ارتباط بین دانش جدید و دانش قبلی عاملی اساسی در الگوسازی محسوب می‌شود.

استرس با تأثیر بر کورتکس مغز که ناحیه‌ای برای کنترل یادگیری و احساسات است، باعث تقویت فعالیت‌های مغزی می‌شوند. استرس باعث ترشح گلوکوکورتیکوئیدها می‌شود که منجر به تقویت عملکرد مغزی می‌گردد. اما ترشح مداوم این گلوکوکورتیکوئیدها و سطح بالای خونی این هورمون‌ها باعث آسیب به هیپوکامپ می‌شود که اصلی‌ترین بخش مسئول حافظه صریح فرد نظیر حقایق و رویدادها است."

تغذیه منظم و مطلوب نیز برای کارکرد مغز مهم است و همه انسان‌ها احساس گنجی و بی‌حوصلگی ناشی از بی‌غذایی را تجربه کرده‌اند و همچنین به لزوم داشتن تغذیه سالم در دانش‌آموزان اشاره می‌کنند:

"با اینکه تغذیه برای تأمین انرژی مغز بسیار ضروری هست ولی هر مواد غذایی و کالری آن‌ها به مغز دانش آموز کمک نمی‌کند تا به بهترین شیوه یاد بگیرد. صرف داشتن تغذیه مهم نیست مهم تغذیه سالم هست. باید برخی غذاها و تنقلات بی‌مصرف از رژیم غذایی دانش‌آموزان حذف شود. اگرچه عادت‌های غذایی خوب کمتر در اختیار مدارس و معلمان است اما مهم آگاهی معلمان در این زمینه است. با آموزش دادن دانش‌آموزان و والدینشان درباره اهمیت تغذیه سالم یادگیری بهتری رو در فراگیران شاهد خواهیم بود."

در خصوص ضرورت خواب کافی برای یادگیری بهتر نظر مشارکت‌کنندگان حاکی از آن است که کمبود خواب می‌تواند به افزایش سرعت پیری مغز و نیز کاهش حجم مغز و کارکردهای شناختی ذهنی می‌انجامد. محرومیت از خواب موجب افت فاکتورهای شناختی انسان می‌شود. یکی از مشارکت‌کنندگان نقش مدرسه را در این خصوص بسیار مهم می‌داند:

"محرومیت از خواب امروزه در اکثر نوجوانان دیده می‌شود که باعث کاهش یادگیری و یادآوری می‌شود و بسیاری از عملکردهای شناختی و هیجانی را مختل می‌کند. برنامه زمانی مدرسه در این زمینه نقش مهمی دارد. زمان شروع کلاس‌های مدارس در سال‌های بالایی زودتر است در حالیکه نوجوانان نمی‌توانند برنامه زمانی خواب خود را با آن سازگار کنند. چون تغییراتی در تعادل هورمونی آن‌ها رخ می‌دهد. در نتیجه سال‌های اول صبح خواب آلودند و بعد از ظهر که مدارس تعطیل هستند هوشیاری آن‌ها بهتر می‌شود. بهتره مدارس تلاش کنند تا بین زمان خواب و برنامه زمانی مدارس تعادل برقرار کنند تا یادگیری دانش‌آموزان بهبود یابد."

مصاحبه‌کننده‌ای دیگر مزیت اصلی خواب را در برقراری پیوند بین دانش جدید و دانش قبلی می‌داند و به نقش تاثیرگذار والدین در تنظیم برنامه خواب فرزندان اشاره می‌کند:

"خواب از فرایندهای ضروری حیات انسان هست. مغز برای پیوند بین دانش جدید و دانش قبلی به زمانی برای استراحت نیاز دارد. خواب به تحکیم حافظه نیز کمک می‌کند. مخصوصاً حافظه اخباری یا حافظه آشکار. بی‌خوابی باعث کاهش تمرکز و توان یادگیری فرد می‌شود. سبک نامنظم زندگی نقش مهمی در این زمینه دارد. والدین باید از ابتدا یک نظم مشخصی را در زندگی کودک مشخص کنند تا کودک طبق آن زندگی کند. محرومیت از خواب بیشتر به دلیل برنامه نامنظم والدین است که بالطبع از عوامل مؤثر بر عملکرد تحصیلی نامطلوب دانش‌آموزان هست."

در خصوص نقش حیاتی هیجانات بر یادگیری، مشارکت‌کنندگان کمک به درک مفاهیم و یادسپاری بهتر تجارب یادگیری را از مهم‌ترین مزایای درگیری هیجانی فراگیران بیان کردند. اصلی‌ترین تأکید آن‌ها بر این است که رویدادهای هیجانی بهتر از رویدادهای خنثی درک شده و یاد گرفته می‌شوند.

"وقایع عاطفی بهتر از وقایع خنثی به خاطر سپرده می‌شوند. وقتی به مطالبی با بار عاطفی همراه می‌شود بهتر پردازش می‌شود. پردازش بهتر محتوا باعث درک بهتر مفاهیم می‌شود. محتوایی که با بار عاطفی همراه می‌شود مدت زمان طولانی‌تری در حافظه می‌ماند و در مقایسه با مطالبی که با بار عاطفی همراه نیست کامل‌تر و با دقت بیشتری یاد گرفته می‌شود."

نظر متخصص دیگر بر این است که علاوه بر اینکه عواطف نقش مهمی در یادگیری دارد، می‌تواند در یادآوری مطالب نیز مؤثر باشد. وی معتقد است محتوای دارای بار هیجانی یادآوری آن را تسهیل می‌بخشد:

"حوزه جدید مطالعاتی که امروزه مطرح شده و باید با دقت بیشتری به اون توجه کنیم مفهومی به نام تفکر هیجانی یا هوش عاطفی است. تأکید این نوع تفکر بر نقش عواطف و هیجانات در یادگیری، حافظه و یادآوری است. شناخت و هیجان باید در کنار هم در برنامه‌های درسی و آموزش مورد توجه قرار گیرند. وقتی تجارب یادگیری با جنبه عاطفی و هیجانی همراه می‌شود مفاهیم بهتر درک می‌شود، در نتیجه یادگیری معنادار اتفاق می‌افتد و یادآوری آن نیز راحت‌تر است. با یادآوری تجربه هیجانی، تجربه یادگیری هم راحت‌تر یادآوری می‌شود."

همچنین نظر مشارکت‌کنندگان بر این است که فراگیران به محتوایی توجه می‌کنند که برای آن‌ها خوشایند باشد:

"مغز انسان به تجارب دارای مؤلفه هیجانی توجه می‌کند. مطالب ارائه شده‌ای که با جنبه عاطفی همراه می‌شود پیامی به مغز می‌فرستد که به چیزی توجه کند و یا توجه نکند. عواطف و هیجانات توجه را بر می‌انگیزاند و در پی آن توجه هم باعث بهبود یادگیری می‌شود."

مدت زمان زیادی از کشف نورون‌های آینه‌ای نمی‌گذرد اما تأثیر این کشف را در درک بسیاری از عملکردهای عصبی از جمله یادگیری نمی‌توان کتمان کرد. متخصصان معتقدند نورون‌های آینه‌ای نه تنها در اجرا و درک حرکات دیگران نقش دارند بلکه به واسطه نورون‌های آینه‌ای افراد احساسات و عواطف خود را با هم به اشتراک می‌گذارند. "نورون‌های آینه‌ای به افراد کمک می‌کنند که نه تنها اعمال افراد بلکه نیت و احساسات پشت این اعمال را تشخیص دهند و درک کنند. وقتی دو فرد مثلاً معلم و دانش‌آموز با هم تعامل برقرار می‌کنند، مراکز عاطفی آن‌ها از یکدیگر تأثیر می‌پذیرد."

اکثر افراد به کمی فشار نیاز دارند تا در زمان یادگیری هشیار باشند اما قرار گرفتن فرد در معرض فشار زیاد می‌تواند مخرب بوده و مانع درگیری فرایندهای عالی تفکر شود. نظر یکی از متخصصان به این شرح است:

"تمام استرس‌ها هم مخرب نیستند مقادیر کم استرس می‌تواند به ما کمک کند که بتوانیم تحت شرایط مختلف کار کنیم و منجر به آن می‌شود که ما هر کاری را به بهترین نحو ممکن انجام دهیم. اما زمانی که فرد مداوم تحت استرس باشد، مغز وی مجبور می‌شود بهای این فشار مداوم را بپردازد. می‌شه گفت استرس یک عامل قدرتمند تاثیرگذار بر یادگیری و حافظه است. هورمون‌های آزاد شده ناشی از

و برای تحقق یادگیری بهینه باید فرصت‌هایی برای استراحت در نظر گرفته شود.

"بیشتر معلم‌ها مغز دانش‌آموزان را بیش از حد انباشته می‌کنند. بدون اینکه زمان کافی به آن‌ها داده شود تا بتوانند این حجم بالای اطلاعات را به هم ارتباط بدهند. معلم اونقدر اون مطالب رو تدریس کرده که فکر می‌کند که درک مطالب آسونه ولی فراموش می‌کند که همین مطالب به ظاهر ساده برای فراگیران جدید هست و آن‌ها به زمانی برای درک آن نیاز دارند."

در هر لحظه مغز ما با محرک‌های محیطی بسیار زیادی رو به رو است. توجه انتخابی نقش مهمی در یادگیری دارد. مغز در هر لحظه به واسطه اهدافی که ما در سر داریم، دست به انتخاب می‌زند که به کدام محرک‌ها توجه کند و آن‌ها را پردازش و احتمالاً ذخیره کند و به کدام محرک‌ها بی‌توجهی کند.

"مغز انسان همواره با محرک‌های متعددی روبه رو است ولی در یک زمان تنها قادر به تمرکز بر یک موضوع است. به این معنی که در هر لحظه فقط می‌تواند به موارد محدودی توجه کند و باید به نفع پاره‌ای موارد و محرک‌ها از توجه به سایر موارد صرف نظر کند."

استادی کلید اصلی موفقیت فراگیر در توجه را مشخص نمودن هدف و موضوع یادگیری می‌داند. نظر وی به این شرح است:

"وقتی ما اهمیت موضوع را برای فراگیر مشخص می‌کنیم وی دقیقاً می‌داند که باید چه چیزی رو یاد بگیرد. واقعیت این است که تشخیص موضوع برای دانش‌آموزان مشکل هست. وقتی موضوع برای آن‌ها مشخص می‌شود بهتر بر آن موضوع تمرکز می‌کنند."

همچنین متخصصان ارتباط اطلاعات جدید به زندگی واقعی را بهترین روش برای افزایش قابلیت‌های حافظه عنوان کردند.

"وقتی تجارب دنیای واقعی دانش‌آموزان اهمیت داشته و فعالیت‌های یادگیری به آن‌ها مرتبط شود قدرت حافظه در ثبت، ذخیره و بازیابی اطلاعات بیشتر می‌شود. قرار دادن مهارت‌ها و حقایق در زمینه واقعی فرایندهای حافظه را تسهیل می‌کند."

"یادگیری بهتر در شرایط طبیعی رخ می‌دهد. باید اطلاعاتی که در اختیار دانش‌آموز قرار داده می‌شود به تجارب زندگی واقعی پیوند داد. با ارتباط محتوا به زندگی واقعی فراگیر، انگیزه یادگیری و پیشرفت دانش آموز تقویت می‌شود."

همچنین برخی از مشارکت‌کنندگان از ارزش کاربرد انواع تکرار برای افزایش توانایی‌های حافظه حمایت کردند.

"مرور مطالب با فاصله‌های معین نقش موثری در تحکیم اطلاعات در حافظه دارد. تمرین و تکرار یک مفهوم به شیوه‌های مختلف به فراگیر کمک می‌کند تا آن را به خاطر بیاورید. بهتر است اطلاعات را با شیوه‌های مختلف یاد گرفت. مثلاً وقتی فراگیر درباره یک موضوع بحث می‌کند، فیلم تماشا کند، بخواند و حتی خلاصه کند، اطلاعات یکسان در مسیرهای نورونی متفاوتی قرار می‌گیرند که با این روش یادآوری اطلاعات هم راحت‌تر صورت می‌گیرد."

مطالبی که به آن‌ها اشاره شد مربوط به یافته‌هایی است که در فرایند مصاحبه، از پاسخ شرکت‌کنندگان به پرسش‌ها استخراج شده است و در قالب اصول یادگیری ارائه گردید. همچنین آخرین یافته‌های متخصصان در حوزه عصب-تربیت نیز به عنوان اطلاعات مکمل استفاده شده است. به این صورت که به منابع و اسناد مکتوب داخلی و

در خصوص تأثیر تحرک جسمانی بر افزایش عملکرد مغز، شرکت‌کنندگان غفلت و چشم‌پوشی از درس تربیت بدنی را مورد انتقاد قرار داده‌اند. نظر ایشان به این شرح است:

"ورزش فاکتوری است که باعث افزایش (BDNF: Brain-Derived Neurotrophic Factor) در مغز می‌شود، مقاومت سلول‌ها در برابر آسیب‌ها را بالا می‌برد و ترمیم آن‌ها را تسریع می‌کند. ورزش در آموزش دانش‌آموزان باید جدی گرفته شود. متأسفانه کلاس درس ورزش همیشه بی‌خود و بی‌هدف اداره می‌شود."

بازخورد مبتنی بر این فرض است که به منظور بهبود یادگیری، دانش‌آموزان نیاز به دانستن آنچه آن‌ها هنوز نمی‌دانند، دارند. وقتی فراگیر از اشتباهات خود آگاه می‌شود، جهت اصلاح آن‌ها تلاش خود را افزایش می‌دهد.

"باید تلاش کنیم تا بازخورد شخصی یادگیرنده را بیشتر کنیم. بازخورد تردیدها را کاهش داده و توانایی‌های سازگاری فرد را افزایش می‌دهد و در عین حال واکنش‌های فشار روانی هیپوفیزآدرنال را کاهش می‌دهد." استادی نظر جالبی دارد، وی به محک گذاشتن تدریس معلمان را امری ضروری دانسته و به لزوم ارزشیابی نتایج تدریس در راستای نتایج یادگیری اشاره می‌کند:

"من معتقدم ارزشیابی فقط شامل نتایج یادگیری دانش‌آموزان نیست بلکه به واسطه ارزشیابی از فراگیران، نتایج آموزش و تدریس معلم نیز سنجش می‌شود. بهترین نوع بازخورد، بازخورد فرایندی است که فرصتی برای اصلاح و رشد است. هم برای معلم و هم برای دانش‌آموز."

محیط یادگیری آرام و به دور از تهدید نقش حیاتی و نیرومندی در عملکرد تحصیلی، روانشناختی و رفتاری دانش‌آموزان دارد. مشارکت‌کنندگان تهدید بیش از حد در محیط‌های یادگیری را یکی از موانع عمده یادگیری ذکر کردند و معتقدند نخست باید نسبت به حذف تهدید از محیط یادگیری اقدام کرد. اظهارات آن‌ها به این شرح است:

"زمانی که فراگیر در معرض تهدید قرار می‌گیرد بادامه، هیپوتالاموس را تهدید می‌کند. در نتیجه باعث ترشح کورتیزول و آدرنالین می‌شود. پس این مواد زمانی ترشح می‌شوند که فرد تحت تأثیر تهدید فیزیکی، محیطی، تحصیلی و مهم‌تر از همه اون‌ها عاطفی قرار می‌گیرد. اگر این هورمون‌ها بیشتر ترشح شوند باعث مرگ سلول‌های مغزی در هیپوکامپ می‌شوند. در نتیجه نباید از دانش‌آموزان انتظار یادگیری بهتری داشته باشیم."

انواع فعالیت‌های هنری قدرت بالایی در افزایش یادگیری دانش‌آموزان، تقویت تخیل، خلاقیت و نوآوری آن‌ها دارند. مشارکت‌کنندگان معتقدند یکی از روش‌های ارائه اطلاعات با روش‌های غنی و متنوع از طریق فعالیت‌های یادگیری مبتنی بر هنر صورت می‌گیرد.

"درگیر شدن در کارهای هنری موجب تقویت مسیرهای عصبی می‌شود که توجه و تمرکز را کنترل می‌نماید. موسیقی، و نقاشی، تئاتر و ... ترکیبی از حرکت و پردازش شناختی هستند که اتصالات مغزی را بهبود می‌بخشند. شرکت در کلاس‌های هنری حداقل یک بار در هفته به رشد مغز فراگیران کمک می‌کند."

مشارکت‌کنندگان در اظهارات خود ضمن اشاره به جلب توجه فراگیر، حفظ توجه وی را نیز بسیار مهم بیان کرده‌اند و معتقدند مربیان باید بدانند دانش‌آموزان قادر به توجه یکنواخت برای مدتی طولانی نیستند

اساتید صاحب‌نظر در زمینه علوم اعصاب و آموزش علوم قرار گرفت و نظر آن‌ها در خصوص هر یک از این مضامین بررسی و با روش لاشه () مورد محاسبه قرار گرفت. مضامین اصلی که CVR آن‌ها ۰/۵ یا بزرگتر از ۰/۵ بود، به عنوان عوامل اصلی تدریس در نظر گرفته شد که در جدول ۲ آمده است.

خارجی در دسترس و سایت‌های اینترنتی مرتبط با رویکرد عصب- تربیت به یادگیری و تربیت‌مراجعه و اطلاعات مورد نیاز جمع آوری گردید. حال سؤال اینجاست این تعداد اصول و مفاهیم استخراج شده را چگونه می‌توان به فرایند آموزش علوم به خصوص زیست‌شناسی ارتباط دهیم. به این منظور مضامین استخراج شده در اختیار ۱۳ نفر از

جدول ۲: اصول یادگیری عصب-تربیت حاصل از شاخص سی وی آر لاشه (CVR)

اصول یادگیری	تعداد پاسخ‌های بسیار ضروری	CVR
به منظور ایجاد روابط قوی و ماندگار بینش بکتهای عصبی باید دانش جدید به دانش قبلی یادگیرندگان پیوند داده شود.	۱۱	۰/۶۹
الگوهای دارای بار هیجانی و عاطفی به درک مفاهیم و یادسپاری بهتر تجارب یادگیری کمک می‌کند.	۱۱	۰/۶۹
هنرهای بصری و نمایشی می‌تواند توجه و حافظه را افزایش دهد.	۱۱	۰/۶۹
الگوهای دارای بار هیجانی و عاطفی به هدایت توجه افراد کمک می‌کند.	۱۱	۰/۶۹
استرس و فشار روانی زیاد بر یادگیری مغز، تأثیر مخرب دارد.	۱۱	۰/۶۹
رعایت عادت غذایی مطلوب بر یادگیری تأثیرمی‌گذارد.	۱۰	۰/۵۴
تحرک جسمانی بر توانایی یادگیری مغز تأثیر دارد.	۱۲	۰/۸۴
مغز نمی‌تواند همزمان به دو یا بیش از دو محرک توجه کند در واقع مغز انسان همزمان چیزهای زیادی را حس می‌کند اما فقط چیزهایی را که انتخاب می‌کنیم که مورد توجه قرار می‌دهد (توجه انتخابی).	۱۱	۰/۶۹
مغز قادر به توجه مداوم و یکنواخت نیست و دوره‌های توجه کوتاه‌تری دارد.	۱۰	۰/۵۴
مغز زمانی اطلاعات پیچیده را بهتر یاد می‌گیرد که آن‌ها را از طریق حواس چندگانه تجربه کند.	۱۲	۰/۸۴
تمرین و تکرار موجب تقویت پیوندها و شبکه‌های عصبی می‌شود.	۱۳	۱
مغز انسان عموماً به دنبال تازگی است.	۱۱	۰/۶۹
برای یادگیری باز خورد حائز اهمیت است.	۱۱	۰/۶۹
وقتی حقایق و مهارت‌ها در زمینه طبیعی و واقعی قرار دارند، مغز بهتر یاد می‌گیرد.	۱۰	۰/۵۴

بحث

آموزشی دارد [۲۳]. این اصل کاربردهای بسیار مهمی برای یادگیری کلاسی دارد. یادگیری بسیاری از مفاهیم بر پایه تجارب قبلی صورت می‌گیرد. این اصل ریشه در فلسفه سازنده‌گرایی دارد؛ دانش‌آموزان دانش خود را بر پایه ارتباط بین دانش مفهومی جدید و یادگیری قبلی می‌سازند [۱۱]. ارتباط اطلاعات جدید به دانش قبلی فرصتی برای یادگیری معنادار ایجاد می‌کند [۲۴].

الگوهای دارای بار هیجانی و عاطفی به درک مفاهیم و یادسپاری بهتر تجارب یادگیری و هدایت توجه افراد کمک می‌کنند. مطالعه ابعاد هیجانی-فیزیولوژیکی مغز از دیدگاه زیست‌شناختی علمی جدید و بسیار مهم به شمار می‌روند. امروزه دانشمندان علم عصب، برای تشریح این اجزای ارزشمند از یادگیری، قدم‌های جدیدی برداشته‌اند. این اصل بیشترین تأکید توسط شرکت‌کنندگان در شاخص لاشه را کسب کرده است. مشارکت‌کنندگان کمک به درک مفاهیم و یادسپاری بهتر تجارب یادگیری را از مهم‌ترین مزایای درگیری هیجانی فراگیران بیان کردند. اصلی‌ترین تأکید آن‌ها بر این است که رویدادهای هیجانی بهتر از رویدادهای خنثی درک شده و یاد گرفته می‌شوند. همچنین مغز از لحاظ ژنتیکی به گونه‌ای طراحی شده است که در وهله اول به اطلاعاتی توجه می‌کند که دارای بار هیجانی قوی باشد. همچنین نظر مشارکت‌کنندگان بر این است که فراگیران به محتوایی توجه می‌کنند که برای آن‌ها خوشایند باشند. پژوهش Sander et al. (۲۰۰۵) [۲۵] موید این مطلب است. طبق نظر Philp عواطف منجر به توجه می‌شود و توجه منجر به یادگیری، حافظه، حل مسئله می‌شود [۲۶]. قسمت عاطفی و قسمت شناختی مغز به هم مرتبط هستند؛ بسیاری از

در سال‌های اخیر، جامعه علمی شاهد بحث پیرامون ارتباط بین دانش عصب‌شناسی با اهداف آموزشی بوده است. آنچه که بحث معاصر درباره ارتباط بین علوم اعصاب و آموزش را از دوران گذشته متمایز می‌کند، دانش انباشته در مورد مغز انسان و عملکرد آن است که با ظهور و گسترش فناوری‌های تصویربرداری کامپیوتری مغز در دهه‌های اخیر فراهم شده است [۲۲]. هدف از این مطالعه کمک به تدوین اصول یادگیری مبتنی بر عصب-تربیت است. این اصول بر پایه نظر مشارکت‌کنندگان و اسناد و مدارک مرتبط در این زمینه جمع‌بندی و تأثیر آن بر یادگیری مورد بررسی قرار گرفت و هدف نهایی ایجاد یک توافق در بین کارشناسان به منظور کاربرد علمی این اطلاعات به طور رسمی در آموزش می‌باشد. نهایتاً شاخص سی وی آر لاشه چهارده اصل اساسی یادگیری را تأیید نمود. اولین و مهم‌ترین اصل حاصل از مصاحبه با شرکت‌کنندگان این است که به منظور ایجاد روابط قوی و ماندگار بین شبکه‌های عصبی باید دانش جدید به دانش قبلی یادگیرندگان پیوند داده شود. یادگیری از طریق پیش‌بینی دقیق و بر پایه الگوسازی اتفاق می‌افتد [۱۱، ۱۳]. بسیاری از یادگیری‌های انسان بر پایه توانایی مغز در تشخیص الگوهاست. تشخیص الگو به واسطه مقایسه مداوم اطلاعات جدید با آنچه که قبلاً می‌دانیم صورت می‌گیرد. برای هر آنچه ما می‌دانیم شبکه‌های عصبی در مغز وجود دارد. هر واقعیتی که می‌دانیم، هر ایده‌ای که درک می‌کنیم و هر عملی که انجام می‌دهیم شکلی از شبکه نورون‌ها در مغز است. چالش اصلی این است که شبکه شخصی هر فرد شبیه شبکه دیگران نیست. استفاده از شبکه‌های یادگیرندگان به عنوان نکته شروع نیاز به یک تغییر اساسی در نظام

کمربندی قدمی (نواحی مرتبط با شناخت، تصمیم‌گیری و عواطف در مغز) می‌شود. مشخص نمودن انتظارات و اهداف روشن نیز به کاهش استرس دانش‌آموزان کمک می‌کند.

همچنین مشارکت‌کنندگان به تأثیر تغذیه و تحرک جسمانی در افزایش توانایی یادگیری مغز اشاره کرده‌اند. تمرین و تحرک فیزیکی کارکرد مغز را تقویت می‌کند، وضع روانی را بهبود بخشیده و یادگیری را افزایش می‌دهد. تحرک و فعالیت جسمانی به واسطه افزایش مطلق جریان خون به سمت مغز، موجب افزایش اکسیژن‌رسانی و همچنین تحویل مواد مغذی مورد نیاز سلول‌های عصبی از جمله گلوکز می‌شود. افزایش اکسیژن‌رسانی انرژی کافی در اختیار مغز قرار می‌دهد، استرس کاهش می‌یابد. تحرک جسمانی به لحاظ شناختی در تغییر تمرکز مجدد توجه تأثیر می‌گذارد که این امر بر شکل‌گیری و بهبود حافظه مؤثر است [۳۷]. معلمان باید فعالیت‌های جسمانی را در فعالیت‌های روزانه قرار دهند. فعالیت بدنی مانند دویدن و انواع ورزش‌های هوازی جریان اکسیژن به مغز را بهبود می‌بخشند اما مغز به چیزی بیشتر از اکسیژن نیاز دارد. مغز همچنین نیاز به آب و گلوکز دارد. از دست دادن آب می‌تواند شدیداً یادگیری را مختل کند. پروتئین نیز برای سلامتی مغز ضروری است. پروتئین سطح سروتونین در مغز را افزایش می‌دهد که باعث افزایش هوشیاری، توجه و انگیزه می‌شود. اصل بعدی که با شاخص سی وی آر لاشه مورد تأیید قرار گرفت این است که مغز نمی‌تواند همزمان به دو یا بیش از دو محرک توجه کند در واقع مغز انسان همزمان چیزهای زیادی را حس می‌کند اما فقط چیزهایی را که انتخاب می‌کنیم مورد توجه قرار می‌دهد (توجه انتخابی). همچنین مغز قادر به توجه مداوم و یکنواخت نیست و دوره‌های توجه کوتاه‌تری دارد. مشارکت‌کنندگان این دو اصل را به عنوان اصول مهم تأثیرگذار بر یادگیری قلمداد کردند. هر انسانی به صورت پیوسته غرق در میدانی از محرک‌هاست و به صورت پیوسته بخشی از این میدان را انتخاب کرده و به آن توجه می‌کند. توجه یک پدیده طبیعی است که به واسطه علائق، چیزهای نو، عواطف و معانی، راهبرد می‌شود. مطالعات عصب-تربیت نشان می‌دهد مغز نمی‌تواند توجه نکند، در واقع مغز همواره نسبت به چیزی توجه می‌کند [۱۱].

توجه مداوم توانایی تمرکز بر روی یک موضوع خاص برای مدت زمان طولانی است و توجه انتخابی توانایی نادیده گرفتن عوامل دیگر و محرک‌های مزاحم و تمرکز بر روی یک موضوع خاص می‌باشد. وقتی توجه مغز به چیز دیگری است، آنچه در مقابلش قرار دارد را نمی‌بیند. وقتی دانش‌آموز نسبت به هدف یادگیری مطمئن نیست، احتمالاً به جنبه‌های غیرمرتبطی از فعالیت توجه نشان می‌دهد و در یادگیری ناموفق خواهد بود [۱۱]. پس تعیین اهداف یادگیری صریح به یادگیرندگان کمک می‌کند تا به آنچه باید یاد بگیرند توجه کرده و یاد بگیرند. Immordino-Yang روشن ساخت که فراخوانی توجه افراد برای محرک‌های مفروض به نوع و سطح تجربه عاطفی وابسته است. سطح توجه افراد وابسته به عاطفه‌ای است که با موقعیت همراه است. عاطفه بهتر مساوی با توجه بهتر و یادگیری بهتر است.

مغز زمانی اطلاعات پیچیده را بهتر یاد می‌گیرد که آن‌ها را از طریق حواس چندگانه تجربه کند. این اصل به کرات توسط متخصصان مورد تأکید قرار گرفت. مغز توانایی پردازش چندگانه دارد که به صورت طبیعی به شیوه موازی رخ می‌دهد [۸]. مطالعات نشان داده‌اند که با

تصمیمات ما از چگونگی احساس ما تأثیر می‌پذیرد [۲۷]. خلق محیط کلاسی مثبت و عاطفی توسط معلمان، ارتباط‌هایی برای یادگیری عمیق ایجاد می‌کند [۱۱، ۲۷].

از طرف دیگر زمانی که یادگیرندگان احساس تهدید، درماندگی و خستگی می‌کنند، فقط قادرند حقایق منفرد را به یاد آورند و از پردازش‌های انتقادی عاجزند. پس می‌توان گفت عواطف تعیین می‌کنند که یادگیرندگان به چه چیزی توجه کنند و بنابراین بر آنچه یاد می‌گیرند نیز تأثیر می‌گذارد [۲۶]. واضح است که فرایندهای تفکر به سطح پایینی از استرس نیاز دارند [۲۸].

هنر نیز یکی از کدهای مکرری است که از گفتگو با متخصصان پدید آمد. مشارکت‌کنندگان گزارش کرده‌اند استفاده از برنامه درسی مبتنی بر هنر باعث افزایش لذت یادگیری می‌شود. هر شکلی از هنر شبکه‌های عصبی را درگیر می‌کند. هنرهای بصری و نمایشی می‌تواند توجه و حافظه را افزایش دهد. طراحی برنامه هنری می‌تواند عاملی برای کاهش استرس باشد. چندین نظریه در یادگیری مغز محور استفاده از هنر به عنوان وسیله‌ای برای تثبیت احساسات انسانی را حمایت کرده‌اند که باعث ایجاد ارتباطات عصبی جهت بازیابی دانش قبلی و ارتباط با تجارب کنونی با هدف ساخت معنا می‌شود. نظریه Hermann در مورد چهار قسمت مغز این زمینه را حمایت می‌کند و فرصت‌هایی برای طراحی برنامه درسی فراهم می‌کند تا با مدل‌های سه بعدی در فرایند یادگیری و تدریس انطباق دهد [۲۹]. مدل چهار بعدی آموزش اگر از طریق استفاده از زیبایی‌شناسی انجام شود، بسیار معنی‌دار است و باعث افزایش تولید اندروفین‌ها می‌شود، به طوری که یادگیری به حداکثر توانایی خود می‌رسد. طبق نظر Rooney فعالیت‌های تدریس و یادگیری هنر محور سطح علاقه و انگیزه دانش‌آموزان را بالا می‌برد و طبق برخی گزارش‌ها، مهارت‌های شناختی برای کسب دست‌آوردهای دانشگاهی را بهبود می‌بخشد [۳۰].

تأثیر مخرب استرس و فشار روانی زیاد بر یادگیری مغز اصل مهم دیگری بود که از مصاحبه با شرکت‌کنندگان حاصل شد. تحقیقات نشان می‌دهد که احساسات چگونه برانگیخته می‌شوند (چه مثبت و چه منفی) و چگونه بر حافظه، توجه و حتی تفکر سطح بالا تأثیر می‌گذارد. استرس متوسط در برخی زمینه‌ها ممکن است باعث افزایش عملکرد شود اما استرس مفرط و طولانی‌مدت باعث کاهش توانایی کسب اطلاعات و یادآوری آن‌ها می‌شود [۳۱-۳۳].

Schwabe and Wolf یک کاهش سی درصدی در عملکرد دانشجویانی مشاهده کردند که هنگام یادگیری لغات جدید در شرایط استرس‌زا قرار داشتند [۳۴]. اطلاعات رسیده به مغز قبل از آنکه به نواحی مرتبط با تفکر سطح بالا برسد، با احساسات در ارتباط است. پیام تلویحی این یافته این است که مربیان نمی‌توانند اهمیت خلاقیت در محیط‌های یادگیری مثبت که تأثیر منفی استرس را کاهش می‌دهد، انکار کنند، همچنین ایجاد فرصت‌هایی برای برقراری ارتباط شخصی دانش‌آموز با بزرگسالان به معلمان پیشنهاد می‌شود. این امر افزایش عملکرد و کاهش استرس و به دنبال آن کاهش رفتارهای خطر پذیر را به دنبال دارد [۳۵]. گنجاندن طنز و خنده باعث کاهش استرس می‌شود. دانش‌آموزان کلاس‌هایی که طنزآمیز می‌باشد، عملکرد بهتری از خود نشان می‌دهند [۳۶]. روحیه مثبت می‌تواند روند ایجاد خلاقیت را تسهیل کند زیرا باعث افزایش فعالیت در قشر پیش پیشانی و قشر

ارزشیابی، سنجش و بازخورد مهم‌ترین و در عین حال مناقشه برانگیزترین جنبه‌های یادگیری دانش‌آموزان هستند. برای یادگیری، بازخورد حائز اهمیت است. کل مغز موجودی است که به خود رجوع می‌کند؛ در واقع براساس آن چه که تا به حال انجام شده است، تصمیم می‌گیرد که چه کاری انجام دهد. بدون این نظام شکوهمند بازخورد (در مغز)، از یادگیری عاجز خواهیم بود. در علوم اعصاب، بازخورد یا حلقه‌های بازخورد اشاره به پاسخ‌های خودکار عصبی به محرک‌ها دارد که منجر به اقدامات پیش‌بینی شده می‌شود [۴۰]. مسئله مهم، تمرکز بر این موضوع است که دانش‌آموزان باید بازخوردی از عملکرد خود داشته باشند [۳۹]. یکی از پیام‌های این اصل به معلمان این است که گروه‌بندی روشی عالی برای بازخورد اجتماعی و تحصیلی محسوب می‌شود. وقتی دانش‌آموزان با یکدیگر صحبت می‌کنند، در مورد نظرها و رفتارهای همدیگر، بازخورد ویژه‌ای دریافت می‌کنند.

اصل دیگر که به کرات در مصاحبه با متخصصان و در منابع مورد تاکید بوده، این است که وقتی حقایق و مهارت‌ها در زمینه طبیعی و واقعی قرار دارند، مغز بهتر یاد می‌گیرد. دانش‌آموزانی که در بافت زندگی واقعی یاد می‌گیرند عملکرد بهتری نسبت به کسانی دارند که صرفاً برداشتی از بافت دارند [۴۱].

طراحی درس‌های اصیل و واقعی یکی از جنبه‌های زمان‌بر یادگیری است. منظور از اصیل بودن این است که مفاهیم در دنیای واقعی زندگی فراگیران قرار دارد [۱۱]. به عنوان مثال دانش‌آموزان زمانی قانون نیوتن را راحت‌تر به یاد می‌آورند که افتادن یک سیب از درخت را در مقابل چشمانشان ببینند. معلمان باید تلاش کنند تا بین آنچه در کلاس تدریس می‌شود با کاربرد در زندگی دانش‌آموزان مرتبط کنند. این امر نه تنها نیازمند دانستن موضوع است بلکه درک نیازهای دانش‌آموزان است. درک نیازهای دانش‌آموزان می‌تواند تنها از طریق ارزیابی دقیق دانش قبلی آنان و توجه به بافت فرهنگی که آن‌ها با خود به کلاس می‌آورند، صورت گیرد. با این اوصاف شیوه صحیح‌تر و اصولی‌تر آن است که فرصت‌هایی برای فراگیران فراهم شود تا بتوان یک موضوع را از طریق تجربه عملی در محیط واقعی و نه صرفاً تلاش نظری بیاموزند و این هدف ممکن است با استفاده از روش آموزشی یادگیری موقعیتی (Contextual learning) جامه عمل بپوشد.

نتیجه‌گیری

با وجود تفاوت دیدگاه درباره نحوه به کارگیری یافته‌های علوم اعصاب در تربیت و یادگیری، دیدگاه غالب آن است که علوم اعصاب می‌تواند به عنوان یک منبع ارزشمند اطلاعاتی برای تفکر در علوم تربیتی قلمداد شود [۸].

در مجموع یافته‌های تحلیل نشان می‌دهند که مطالعه و درک ساختار و عملکرد مغز در تفکر و عمل برنامه درسی گام بسیار مهمی در بهبود فرایند آموزش و یادگیری دانش‌آموزان است. علوم اعصاب اطلاعات بسیار ارزشمندی در مورد سیستم یادگیری مغز فراهم می‌کند که به ما اجازه می‌دهد تا تصمیمات آگاهانه‌تری در مورد برنامه‌های درسی بگیریم. اصول یادگیری مبتنی بر عصب-تربیت بر پایه نظر مشارکت‌کنندگان و اسناد و مدارک مرتبط در این زمینه جمع‌بندی و تأثیر آن بر یادگیری مورد بررسی قرار گرفت و هدف نهایی ایجاد یک توافق در بین کارشناسان به منظور کاربرد علمی این اطلاعات به طور

تکیه بر همه حواس، یادگیری اثربخش‌تر خواهد بود و با کارگیری حواس پنجگانه، پردازش اطلاعات و درگیر شدن فراگیر، بیشتر از زمانی است که از یک حس استفاده می‌شود. با استفاده از حواس چندگانه، اتصالات شناختی بیشتر شده و مفهوم‌سازی بهتر صورت می‌گیرد. همچنین به راحتی می‌توان اطلاعات را بازیابی کرد. برای یک معلم بسیار مهم است که با راهنمایی‌های مفید در مورد چگونگی یادگیری، تجارب چند حسی برای کمک به یادگیری فراگیران فراهم کند. هر چه روش‌های دریافت اطلاعات متنوع‌تر باشد، احتمال ماندگاری بیشتر اطلاعات در مغز وجود دارد. ابزارهای رسانه‌ای مختلف، نواحی مختلفی از مغز را فعال می‌کنند و زمانی که بخش‌های متعددی از مغز در هماهنگی با هم فعال می‌شوند می‌توان اطلاعات را سریعتر به خاطر سپرد و نگهداری کرد. بنیابی حس بسیار مهمی است و بیشترین درصد یادگیری از طریق همین حس صورت می‌گیرد. می‌توان با استفاده از فعالیت‌های بصری، تدریسی به یادماندنی‌تر و تعاملی‌تر داشت و دانش‌آموزان خود را با منابع چشم‌نوازی از قبیل: ورق‌های سیاه و سفید، ترکیب رنگ‌ها و ... ایجاد انگیزه و یادگیری آنان را تحریک کرد. بنابراین، بهتر است معلمان برای داشتن یک کلاس شاد و دانش‌آموزان موفق از یادگیری چند حسی که شامل فعالیت‌هایی است که تحریک تمام حواس را در پی دارد، استفاده کنند.

علم عصب-تربیت از ارزش کاربرد تکرار برای آموزش یک ایده پشتیبانی می‌کنند. تمرین و تکرار موجب تقویت پیوندها و شبکه‌های عصبی می‌شود. تجربه به طور مداوم ارتباطات عصبی را تغییر می‌دهد. این موضوع از این قاعده پیروی می‌کند که از آن استفاده کن یا دسترسی به آن را از دست بده. مسیرهای سیناپسی که استفاده نمی‌شوند در معرض هرس عصبی قرار دارند در حالیکه مسیرهای عصبی که به منظور یادگیری تکرار می‌شوند، تقویت می‌شوند [۱۱].

پردازش هر چه بیشتر اطلاعات طی زمان، موجب شکل‌گیری پیوندهای بیشتر، تحکیم‌های بهتر و در نتیجه بهبود حافظه می‌شود [۸] این مفهوم حاوی این پیام است که دانش‌آموزان برای یادسپاری اطلاعات نیاز به تمرین و تکرار دارند. در کلاس‌های درسی که به روش مغزمحور هدایت می‌شوند، یادگیرندگان هر بار به شیوه مشابهی به تمرین و فعالیت نمی‌پردازند. رهنمودهای مهم برای کلاس درس می‌تواند شامل موارد زیر باشد: تقویت توانایی تلخیص و یادداشت‌برداری دانش‌آموزان، تشویق دانش‌آموزان به استخراج مطالب کلیدی و ارائه در کلاس درس، بهره‌گیری از سازماندهی گرافیکی برای تکرار مطالب چون نقشه مفهومی و کارهای گروهی [۳۷]. همچنین بسیاری از مطالعات عصب-تربیت از این اصل حمایت می‌کنند که مغز انسان معمولاً به‌تازگی است. تجارب نو روشی قدرتمند برای جلب و حفظ توجه دانش‌آموزان می‌باشند [۳۸، ۳۹].

چیزهای جدید در مغز دوپامین آزاد می‌کند و دوپامین هم موجب افزایش انگیزه و ایجاد نورون‌های جدید در مغز می‌شود. وقتی دانش‌آموز به دنبال چیزهای تازه می‌گردد یا در معرض محتوای تازه قرار می‌گیرد چندین اتفاق می‌افتد. اول از همه، با هر فعالیتی که انجام می‌دهد یک اتصال سیناپسی ایجاد می‌شود. این اتصالات روی یکدیگر ساخته می‌شود و در نتیجه فعالیت عصبی فرد افزایش می‌یابد و اتصالات بیشتری ایجاد می‌شود تا روی اتصالات دیگر قرار می‌گیرند، این یعنی یادگیری اتفاقی افتد [۳۷].

تعارض منافع

بین نویسندگان و مجله راهبردهای آموزش در علوم پزشکی هیچ گونه تعارض منافع وجود ندارد.

منابع مالی

توسط محقق تأمین منابع گردیده است.

رسمی در آموزش می‌باشد. در پایان لازم است تاکید شود که حصول یادگیری بر گرفته از علوم اعصاب، نیازمند آزمون در شرایط واقعی است که این امر نیازمند مشارکت متخصصان علوم اعصاب، روانشناسی، علوم تربیتی و معلمان در طراحی و اجرای برنامه‌های درسی است.

تأییدیه اخلاقی

کلیه بررسی متون توسط خود نویسنده و به طور کاملاً علمی صورت گرفته است.

References

1. Bransford TL, Ofili E. The paradox of coronary heart disease in African-American women. *J Natl Med Assoc.* 2000;92(7):327-33. [pmid: 10946528](#)
2. Immordino-Yang MH. Implications of Affective and Social Neuroscience for Educational Theory. *Educ Philos Theory.* 2013;43(1):98-103. [doi: 10.1111/j.1469-5812.2010.00713.x](#)
3. Willis J. Review of Research: Brain-Based Teaching Strategies for Improving Students' Memory, Learning, and Test-Taking Success. *Childhood Educ.* 2007;83(5):310-5. [doi: 10.1080/00094056.2007.10522940](#)
4. Martín-Loeches M. Neuroscience and education: We already reached the tipping point. *Psicol Educ.* 2015;21(2):67-70. [doi: 10.1016/j.pse.2015.09.001](#)
5. Giedd JN. The teen brain: insights from neuroimaging. *J Adolesc Health.* 2008;42(4):335-43. [doi: 10.1016/j.jadohealth.2008.01.007](#) [pmid: 18346658](#)
6. Frith U. Teaching in 2020: the impact of neuroscience. *J Educ Teach.* 2006;31(4):289-91. [doi: 10.1080/02607470500280118](#)
7. Varma S, McCandliss BD, Schwartz DL. Scientific and Pragmatic Challenges for Bridging Education and Neuroscience. *Educ Res J.* 2016;37(3):140-52. [doi: 10.3102/0013189x08317687](#)
8. Nouri A. Defining the boundaries for neuro-education as a field of study. *Educ Res J.* 2012;27(1/2):1-25.
9. Ansari D, De Smedt B, Grabner RH. Neuroeducation – A Critical Overview of An Emerging Field. *Neuroethics.* 2011;5(2):105-17. [doi: 10.1007/s12152-011-9119-3](#)
10. Fischer KW, Goswami U, Geake J. The Future of Educational Neuroscience. *Mind Brain Educ.* 2010;4(2):68-80. [doi: 10.1111/j.1751-228X.2010.01086.x](#)
11. Nouri A, Mehrmohammadi M. Defining the Boundaries for Neuroeducation as a Field of Study. *Educ Res J.* 2012;27(1/2):1.
12. Campbell SR. Educational Neuroscience: Motivations, methodology, and implications. *Educ Philos Theory.* 2013;43(1):7-16. [doi: 10.1111/j.1469-5812.2010.00701.x](#)
13. Caine RN, Caine G. Understanding a brain-based approach to learning and teaching. *Educ Leadersh.* 1990;48(2):66-70.
14. Ansari D, Coch D. Bridges over troubled waters: education and cognitive neuroscience. *Trends Cogn Sci.* 2006;10(4):146-51. [doi: 10.1016/j.tics.2006.02.007](#) [pmid: 16530462](#)
15. Bruer JT. Education and the Brain: A Bridge Too Far. *Educ Res J.* 2016;26(8):4-16. [doi: 10.3102/0013189x026008004](#)
16. Diamond MC, Greer ER, York A, Lewis D, Barton T, Lin J. Rat cortical morphology following crowded-enriched living conditions. *Exp Neurol.* 1987;96(2):241-7. [doi: 10.1016/0014-4886\(87\)90042-2](#) [pmid: 3569452](#)
17. Fischer K. Award: Transforming Education Through Neuroscience. *Mind Brain Educ.* 2014;8(1):1-2. [doi: 10.1111/mbe.12036](#)
18. Goswami U. Neuroscience and education: from research to practice? *Nat Rev Neurosci.* 2006;7(5):406-11. [doi: 10.1038/nrn1907](#) [pmid: 16607400](#)
19. Caramazza A, Coltheart M. Cognitive Neuropsychology twenty years on. *Cogn Neuropsychol.* 2006;23(1):3-12. [doi: 10.1080/02643290500443250](#) [pmid: 21049319](#)
20. Thomas David R. The contribution of qualitative research to evidence-based medicine. *Health Res Methods Adv Serv.* 2000;34:18-9.
21. Howard P. [Neuroscience, Educational Sciences, and Brain Introduction Neurobiological Research]. Iran: Samt Publisher; 2011.
22. Clement ND, Lovat T. Neuroscience and Education: Issues and Challenges for Curriculum. *Curricul Inq.* 2015;42(4):534-57. [doi: 10.1111/j.1467-873X.2012.00602.x](#)
23. Hendel-Giller R, Hollenbach C, Marshall D, Oughton K, Pickthorn T, Schilling M, et al. The neuroscience of learning: A new paradigm for corporate education. St. Louis, Missouri (USA): The Maritz Institute; 2011.
24. Tompkins AW. Brain-based learning theory: An online course design model: Liberty University; 2007.
25. Sander D, Grandjean D, Pourtois G, Schwartz S, Seghier ML, Scherer KR, et al. Emotion and attention interactions in social cognition: brain regions involved in processing anger prosody. *Neuroimage.* 2005;28(4):848-58. [doi: 10.1016/j.neuroimage.2005.06.023](#) [pmid: 16055351](#)
26. Arzy-Mitchell BK. Brain-Based Learning for Adolescent Science Students A Review of the Literature. Wyoming: University of Wyoming; 2013.
27. Immordino-Yang MH, Damasio A. We Feel, Therefore We Learn: The Relevance of Affective and Social Neuroscience to Education. *Mind Brain Educ.* 2007;1(1):3-10. [doi: 10.1111/j.1751-228X.2007.00004.x](#)
28. Langelier CA, Connell JD. Emotions and learning: Where brain based research and cognitive-behavioral counseling strategies meet the road. *River Coll Online Acad J.* 2005;1(1):1-13.
29. Inocian RB. Integrated Arts-based Teaching (IAT) Model for Brain-based Learning. *J Curricul Teach.* 2015;4(2). [doi: 10.5430/jct.v4n2p130](#)
30. Rooney R. Arts-based teaching and learning: Review of the literature (Prepared by Westat for VSA Arts). 2004.
31. Joels M, Pu Z, Wiegert O, Oitzl MS, Krugers HJ. Learning under stress: how does it work? *Trends Cogn Sci.* 2006;10(4):152-8. [doi: 10.1016/j.tics.2006.02.002](#) [pmid: 16513410](#)
32. Lupien SJ, Maheu F, Tu M, Fiocco A, Schramek TE. The effects of stress and stress hormones on human cognition: Implications for the field of brain and cognition. *Brain Cogn.* 2007;65(3):209-37. [doi: 10.1016/j.bandc.2007.02.007](#) [pmid: 17466428](#)
33. Goswami U. Neuroscience and education. *Br J Educ Psychol.* 2004;74(Pt 1):1-14. [doi: 10.1348/000709904322848798](#) [pmid: 15096296](#)
34. Schwabe L, Wolf OT. Learning under stress impairs memory formation. *Neurobiol Learn Mem.* 2010;93(2):183-8. [doi: 10.1016/j.nlm.2009.09.009](#) [pmid: 19796703](#)
35. Hamre BK, Pianta RC. Early Teacher-Child Relationships and the Trajectory of Children's School Outcomes through Eighth Grade. *Child Dev.* 2001;72(2):625-38. [doi: 10.1111/1467-8624.00301](#)
36. Thambi J, Franklin S, Jabamone S, editors. Effective teaching with humor. ISERD International Conference; 2015; Bangkok, Thailand.
37. Jensen E. Teaching with the brain in mind: ASCD; 2005.
38. Walker JL. Brain-Targeted Early Childhood Beginnings: A Case Study in India: Johns Hopkins University; 2016.
39. Hardiman M. Informing pedagogy through the brain-targeted teaching model. *J Microbiol Biol Educ.* 2012;13(1):11-6. [doi: 10.1128/jmbe.v13i1.354](#) [pmid: 23653775](#)

40. Jehee JF, Rothkopf C, Beck JM, Ballard DH. Learning receptive fields using predictive feedback. *J Physiol Paris*. 2006;100(1-3):125-32.
41. Agarwal PK, Bain PM, Chamberlain RW. The Value of Applied Research: Retrieval Practice Improves Classroom Learning and Recommendations from a Teacher, a Principal, and a Scientist. *Educ Psychol Rev*. 2012;24(3):437-48. doi: [10.1007/s10648-012-9210-2](https://doi.org/10.1007/s10648-012-9210-2)